

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In Re U.S. Patent Application )  
 )  
 Applicant: Ichihara et al. )  
 )  
 Serial No. )  
 )  
 Filed: August 2, 2001 )  
 )  
 For: MAGNETIC RECORDING )  
 AND/OR REPRODUCING )  
 APPARATUS )  
 )  
 Art Unit: )

*I hereby certify that this paper is being deposited with the United States Postal Service as EXPRESS MAIL in an envelope addressed to: Assistant Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231, on August 2, 2001*  
Express Label No.: EL846221800US

*Signature: Donald L. Folker*

EXPRESS.WCM

Appr. February 20, 1998

J10002 U.S. PRC  
09/921111  
08/02/01

CLAIM FOR PRIORITY

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, DC 20231

Sir:

Applicant claims foreign priority benefits under 35 U.S.C. § 119 on the basis of the foreign application identified below:

Japanese Patent Application No. 2001-022415, filed January 30, 2001.

A certified copy of the priority document is enclosed.

Respectfully submitted,

GREER, BURNS & CRAIN, LTD.

By *James K. Folker*

James K. Folker

Reg. No. 37,538

August 2, 2001  
300 South Wacker Drive  
Suite 2500  
Chicago, IL 60606  
(312) 360-0080  
Customer Number: 24978

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

This is to certify that the annexed is a true copy  
of the following application as filed with this office.

Date of Application: January 30, 2001

Application Number: Japanese Patent Application  
No. 2001-022415

Applicant(s) FUJITSU LIMITED

June 14, 2001

Commissioner,  
Patent Office

Kouzo Oikawa (Seal)

**Certificate No.2001-3056013**

0941.65729  
(312) 360-0080

11002 U.S. PRO  
09/921111  
08/02/01

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office

出願年月日

Date of Application:

2001年 1月30日

出願番号

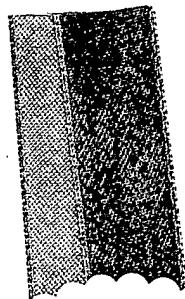
Application Number:

特願2001-022415

出願人

Applicant(s):

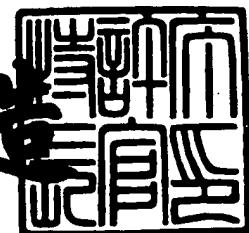
富士通株式会社



2001年 6月14日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



【書類名】 特許願  
【整理番号】 0052515  
【提出日】 平成13年 1月30日  
【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿  
【国際特許分類】 G06F 3/06  
H03M 13/00  
【発明の名称】 磁気記録／再生装置  
【請求項の数】 5  
【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通  
株式会社内  
【氏名】 市原 一人  
【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通  
株式会社内  
【氏名】 上野 博秋  
【特許出願人】  
【識別番号】 000005223  
【氏名又は名称】 富士通株式会社  
【代理人】  
【識別番号】 100070150  
【住所又は居所】 東京都渋谷区恵比寿4丁目20番3号 恵比寿ガーデン  
プレイスタワー32階  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 伊東 忠彦  
【電話番号】 03-5424-2511  
【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 002989  
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704678

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気記録／再生装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁気記録媒体から再生された信号系列を等化して等化波形を出力する等化手段と、

前記等化波形を、等化波形の平均値に基にしたメトリック計算により最尤系列に変換する変換手段とを備えたことを特徴とする、磁気記録／再生装置。

【請求項2】 前記最尤系列に対して、パリティビットを用いた誤り検出及び誤り訂正を行う誤り検出及び訂正手段を更に備え、

該誤り検出及び訂正手段は、前記最尤系列と前記等化波形の平均値との畳み込みにより得られる系列と、前記等化波形を比較することで誤り訂正を行うことを特徴とする、請求項1記載の磁気記録／再生装置。

【請求項3】 磁気記録媒体から再生された信号系列の再生波形又は前記再生波形を等化した等化波形の平均値と理想値との誤差に基く補償量を格納するルックアップテーブルと、

信号系列の磁気記録媒体への記録時に、該ルックアップテーブルに基いて非線形歪みに対する記録補償を行う補償回路とを備えたことを特徴とする、磁気記録／再生装置。

【請求項4】 前記ルックアップテーブルは、磁化反転の極性情報を含むことを特徴とする、請求項5記載の磁気記録／再生装置。

【請求項5】 磁気記録媒体から信号系列を再生して再生波形を出力する再生手段と、

前記再生波形を等化して等化波形を出力する等化手段と、

前記等化波形を、等化波形の平均値に基にしたメトリック計算により最尤系列に変換する変換手段と、

前記再生波形又は前記等化波形の平均値と理想値との誤差に基く補償量を格納するルックアップテーブルと、

信号系列の磁気記録媒体への記録時に、該ルックアップテーブルに基いて非線形歪みに対する記録補償を行う補償回路とを備えたことを特徴とする、磁気記録

再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気記録及び/又は記録装置（以下、単に記録/再生装置と言う）に  
関し、特に任意の記録系列を磁気記録媒体に記録し、及び/又は、磁気記録媒体  
から再生する磁気記録/再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

図1は、従来の磁気記録/再生装置の一例の概略構成を示すブロック図である  
。同図中、磁気記録/再生装置の記録系は、エンコーダ1と、磁気ヘッド及び磁  
気記録媒体からなる記録/再生部2とからなる。磁気記録/再生装置の再生系は、  
記録/再生部2と、ローパスフィルタ（L P F）3と、フィニイトインパルス応  
答（F I R）フィルタ4と、ビタビ検出器5と、ポストプロセッサ6と、デコー  
ダ7とからなる。

【0003】

記録時、エンコーダ1は、記録系列をパリティビットが付加された符号系列に  
符号化し、記録/再生部2は、符号系列を磁気ヘッドにより磁気記録媒体上に記  
録する。他方、再生時、記録/再生部2は、磁気ヘッドにより符号系列を磁気記  
録媒体から再生し、L P F 3及びF I Rフィルタ4を介してビタビ検出器5に供  
給する。ビタビ検出器5は、F I Rフィルタ4で等化された等化波形を等化目標  
(理想値)を基にしたメトリック計算により最尤系列に変換する。ポストプロセ  
ッサ6は、ビタビ検出器5から供給される最尤系列に対して、パリティビットを  
用いた誤り検出及び誤り訂正を行う。誤り訂正は、最尤系列と等化目標との畳み  
込みにより得られる系列とF I Rフィルタ4から得られる実際の等化波形を比較  
することで行われる。デコーダ7は、誤り検出及び誤り訂正を施された最尤系列  
を復号化して、元の記録系列を再生する。

【0004】

図2は、F I Rフィルタ4から得られる実際の等化波形（平均値）と等化目標

(理想値)とを示す図である。同図中、縦軸は信号振幅を任意単位で示し、横軸は位相を任意単位で示す。又、×印は実際の等化波形、○印は等化目標を示す。

## 【0005】

## 【発明が解決しようとする課題】

従来の磁気記録/再生装置では、ビタビ検出器5におけるメトリック計算が等化目標に基いて行われており、等化誤差、即ち、等化目標と実際の等化波形との差が考慮されていないため、図2からもわかるように、磁気記録媒体上の記録密度の増大に伴い顕著となるFIRフィルタ4における誤差や、非線形歪みの増大による誤差に対応できないという問題があった。

## 【0006】

又、ポストプロセッサ6における誤り訂正も、等化目標に基いて行われており、訂正された波形と実際の等化波形との乖離が大きくなるという問題点もあった。

## 【0007】

このように、従来の磁気記録/再生装置では、精度の高い最尤系列の検出及び誤り訂正を行うことは難しかった。

## 【0008】

更に、従来の磁気記録/再生装置では、記録系においても非線形歪みに対する記録補償に限界があり、磁気記録媒体上の記録密度の増大に対応しにくくなっている。

## 【0009】

そこで、本発明は、精度の高い最尤系列の検出及び誤り訂正を行うことのできる磁気記録/再生装置を提供することを第1の目的とする。

## 【0010】

又、本発明は、磁気記録媒体上の記録密度の増大にも対応可能な非線形歪みに対する記録補償を行うことのできる磁気記録/再生装置を提供することを第2の目的とする。

## 【0011】

## 【課題を解決するための手段】

上記課題は、磁気記録媒体から再生された信号系列を等化して等化波形を出力する等化手段と、前記等化波形を、等化波形の平均値を基にしたメトリック計算により最尤系列に変換する変換手段とを備えたことを特徴とする磁気記録/再生装置により実現できる。本発明によれば、上記第1の目的を達成できる。

#### 【0012】

磁気記録/再生装置は、前記最尤系列に対して、パリティビットを用いた誤り検出及び誤り訂正を行う誤り検出及び訂正手段を更に備え、該誤り検出及び訂正手段は、前記最尤系列と前記等化波形の平均値との疊み込みにより得られる系列と、前記等化波形を比較することで誤り訂正を行う構成としても良い。本発明によれば、上記第1の目的を達成できる。

#### 【0013】

上記の課題は、磁気記録媒体から再生された信号系列の再生波形又は前記再生波形を等化した等化波形の平均値と理想値との誤差に基く補償量を格納するルックアップテーブルと、信号系列の磁気記録媒体への記録時に、該ルックアップテーブルに基いて非線形歪みに対する記録補償を行う補償回路とを備えたことを特徴とする磁気記録/再生装置によっても実現できる。本発明によれば、上記第2の目的を達成できる。

#### 【0014】

前記ルックアップテーブルは、磁化反転の極性情報を含む構成としても良い。本発明によれば、上記第2の目的を達成できる。

#### 【0015】

上記の課題は、磁気記録媒体から信号系列を再生して再生波形を出力する再生手段と、前記再生波形を等化して等化波形を出力する等化手段と、前記等化波形を、等化波形の平均値を基にしたメトリック計算により最尤系列に変換する変換手段と、前記再生波形又は前記等化波形の平均値と理想値との誤差に基く補償量を格納するルックアップテーブルと、信号系列の磁気記録媒体への記録時に、該ルックアップテーブルに基いて非線形歪みに対する記録補償を行う補償回路とを備えたことを特徴とする磁気記録再生装置によっても実現できる。本発明によれば、上記第1及び第2の目的を達成できる。

## 【0016】

従って、本発明によれば、精度の高い最尤系列の検出及び誤り訂正を行うことのできる磁気記録/再生装置や、磁気記録媒体上の記録密度の増大にも対応可能な非線形歪みに対する記録補償を行うことのできる磁気記録/再生装置を実現することができる。

## 【0017】

## 【発明の実施の形態】

本発明になる磁気記録/再生装置の各実施例を、以下に図3以降と共に説明する。

## 【0018】

## 【実施例】

図3は、本発明になる磁気記録/再生装置の第1実施例を示すブロック図である。同図中、図1と同一部分には同一符号を付し、その説明は省略する。本実施例では、制御部10がビタビ検出器15及びポストプロセッサ16に対して設けられている。

## 【0019】

制御部10は、CPU11及びメモリ12からなり、FIRフィルタ4から得られる等化波形に基いて、ビタビ検出器15及びポストプロセッサ16を制御する。具体的には、CPU11は、記録系列に対するFIRフィルタ4から出力される等化波形の平均値を算出してメモリ12に格納する。又、CPU11は、メモリ12に格納された等化波形の平均値を、ビタビ検出器15に供給する。従って、ビタビ検出器15は、FIRフィルタ4で等化された等化波形を、等化波形の平均値に基いたメトリック計算により最尤系列に変換する。他方、CPU11は、メモリ12に格納された等化波形の平均値を、ポストプロセッサ16にも供給する。これにより、ポストプロセッサ16は、ビタビ検出器15から供給される最尤系列に対して、パリティビットを用いた誤り検出及び誤り訂正を行う。誤り訂正は、最尤系列と等化波形の平均値との畳み込みにより得られる系列とFIRフィルタ4から得られる実際の等化波形を比較することで行われる。

## 【0020】

尚、等化波形の平均値は、後述するように、メモリ12内に変換テーブルの形式で格納することが望ましい。

#### 【0021】

本実施例では、FIRフィルタ4が等化手段を構成し、ビタビ検出器15が等化手段の出力等化波形を最尤系列に変換する変換手段を構成する。又、ポストプロセッサ16は、最尤系列に対して誤り検出及び誤り訂正を行う誤り検出及び訂正手段を構成する。更に、制御部10内のCPU11は、後述する如くメモリ12内の変換テーブルを更新する制御手段を構成する。

#### 【0022】

説明の便宜上、本実施例では、エンコーダ1で符号化された信号系列長 $I+1$ の記録系列 $a_{k-I} \sim a_k$ が記録部2により磁気記録媒体上に記録されるものとする。この場合、FIRフィルタ4の等化出力 $b_k$ は、EPR4ML方式( $I=3$ )のとき図4に示す如くとなる。図4は、記録系列に対する等化出力を示す図である。同図中、等化出力 $b_k$ として、記録系列 $a_{k-I} \sim a_k$ に対する実際の等化波形の平均値に加え、比較のために、等化誤差のない理想等化値も示す。

#### 【0023】

ビタビ検出器15におけるビタビ検出に要する状態は、EPR4ML方式の場合、8状態である。従って、ビタビ検出における記録系列 $a_{k-2} \sim a_k$ に対する状態を図5の如く定めると、各状態の時間に対する推移を表す状態推移表は、図6に示す如くとなる。図6は、ビタビ検出における状態推移表を示す図である。図6においても、現時点の等化出力 $b_k$ として、記録系列 $a_{k-I} \sim a_k$ に対する実際の等化波形の平均値に加え、比較のために、等化誤差のない理想等化値も示す。制御部10内のメモリ12に格納される変換テーブルは、図6に示す状態推移表に対応するが、言うまでもなく、等化誤差のない理想等化値を格納する必要がない。

#### 【0024】

本実施例では、ビタビ検出におけるメトリック計算を、従来のように理想等化値を用いるのではなく、実際の等化波形の平均値を用いて行う。尚、図6に示す状態推移表は、図7に示す如き状態推移図でも表すことができる。図7中、各矢

印に付した値は、 $a_k/b_k$ を表している。

## 【0025】

ビタビ検出では、 $k-1$  時点の状態から  $k$  時点の各状態に至るパスを選択する際に、次のようなメトリック計算を行う。 $k$  時点での雑音を含んだ等化出力  $x_k$  と、図6に示す、記録系列  $a_{k-1} \sim a_k$  に対する実際の等化波形の平均値である等化出力  $b_k$  との二乗誤差に、 $k-1$  時点までのメトリックの積算値  $m_{(k-1)}$  を加算した値が、より小さい方のパスを選択する。次式(1)は、図6に示す、記録系列  $a_{k-1} \sim a_k$  に対する実際の等化波形の平均値である等化出力  $b_k$  を用いた、本実施例におけるEPR4ML方式のメトリック  $m_0(k) \sim m_7(k)$  を示す。ここで、メトリック  $m_0(k) \sim m_7(k)$  は、夫々  $k$  時点における状態  $S_0 \sim S_7$  に至るパスメトリックを表す。

$$\begin{aligned}
 m_0(k) &= \min \{ m_0(k-1) - 2\mu_0 x_k + \mu_0^2, m_4(k-1) \\
 &\quad - 2\mu_8 x_k + \mu_8^2 \} \\
 m_1(k) &= \min \{ m_0(k-1) - 2\mu_1 x_k + \mu_1^2, m_4(k-1) \\
 &\quad - 2\mu_9 x_k + \mu_9^2 \} \\
 m_2(k) &= \min \{ m_1(k-1) - 2\mu_2 x_k + \mu_2^2, m_5(k-1) \\
 &\quad - 2\mu_{10} x_k + \mu_{10}^2 \} \\
 m_3(k) &= \min \{ m_1(k-1) - 2\mu_3 x_k + \mu_3^2, m_5(k-1) \\
 &\quad - 2\mu_{11} x_k + \mu_{11}^2 \} \\
 m_4(k) &= \min \{ m_2(k-1) - 2\mu_4 x_k + \mu_4^2, m_6(k-1) \\
 &\quad - 2\mu_{12} x_k + \mu_{12}^2 \} \\
 m_5(k) &= \min \{ m_2(k-1) - 2\mu_5 x_k + \mu_5^2, m_6(k-1) \\
 &\quad - 2\mu_{13} x_k + \mu_{13}^2 \} \\
 m_6(k) &= \min \{ m_3(k-1) - 2\mu_6 x_k + \mu_6^2, m_7(k-1) \\
 &\quad - 2\mu_{14} x_k + \mu_{14}^2 \} \\
 m_7(k) &= \min \{ m_3(k-1) - 2\mu_7 x_k + \mu_7^2, m_7(k-1) \\
 &\quad - 2\mu_{15} x_k + \mu_{15}^2 \}
 \end{aligned}$$

---式(1)

従って、式(1)、図6に示す状態推移表及び図7に示す状態推移図より、本

実施例におけるEPR4ML方式のビタビ検出を実現できる。又、図4～図7及び式(1)を適宜変更することで、様々なPRML方式のビタビ検出に適用可能である。

## 【0026】

理想的なEPR4等化を行った場合、記録系列「000100000」(NRZ符号)に対するFIRフィルタ4の等化出力波形は、図8に●印で示すように、 $e(0)$ ,  $e(1)$ ,  $e(2)$ ,  $e(3)$ において1, 1, -1, -1の値をとる。図8は、等化誤差が生じた場合の本実施例の有効性を調べるために、 $e(0)$ ～ $e(3)$ を夫々変動させる方法を示す図である。同図中、縦軸は信号振幅を任意単位で示し、横軸は時間を任意単位で示す。ここでは、便宜上、再生波形はローレンツ波形であると仮定する。

## 【0027】

図9は、等化誤差量の分散値 $\sigma^2$ を変化させた場合の16/17EPR4ML方式の信号対雑音(S/N)比対エラーレート特性をシミュレーションにより求めた結果を示す図である。同図中、便宜上、縦軸はS/N比を磁化反転に対する孤立再生波形のピーク値と雑音の実効値の比で定義しているビットエラーレート(BER)を示し、横軸はS/N比を示す。又、×印は $\sigma^2 = 0$ の等化誤差がない場合のBERを示し、●印、■印、▲印は夫々図1と共に説明した如き従来方式において $\sigma^2 = 0.005$ ,  $\sigma^2 = 0.020$ ,  $\sigma^2 = 0.045$ の場合のBERを示し、○印、□印、△印は夫々本実施例において $\sigma^2 = 0.005$ ,  $\sigma^2 = 0.020$ ,  $\sigma^2 = 0.045$ の場合のBERを示す。

## 【0028】

図9からもわかるように、等化誤差がない場合( $\sigma^2 = 0$ )と $\sigma^2 = 0.005$ ,  $\sigma^2 = 0.020$ ,  $\sigma^2 = 0.045$ の場合とを比較すると、図1と共に説明した如き従来方式では $10^{-6}$ なるBERを達成するためのS/N比が夫々0.7dB, 1.7dB, 3.7dB劣化する。これに対し、本実施例の場合、従来方式と比較すると、 $10^{-6}$ なるBERを達成するためのS/N比が、 $\sigma^2 = 0.005$ のとき0.5dB,  $\sigma^2 = 0.020$ のとき1.2dB,  $\sigma^2 = 0.045$ のとき2.0dB改善されることが確認された。

## 【0029】

次に、変換テーブルの更新を含めた本実施例の動作を、図10と共に説明する。図10は、本実施例の動作を説明するフローチャートである。

## 【0030】

図10に示すステップS1において、電源オン命令が発行されて磁気記録/再生装置の電源がオンにされると、ステップS2は、エンコーダ1及び記録/再生部2により、トレーニング系列の記録/再生を磁気記録媒体に対して行う。ステップS3は、再生されたトレーニング系列に対して、LPF3及びFIRフィルタ4等により、位相検出、振幅調整及び波形等化を行う。ステップS4は、CPU11により、等化波形の平均値を算出する。又、ステップS5は、CPU11により、算出された平均値を用いて、メモリ12に格納された記録系列に対する変換テーブルを更新する。ステップS6は、CPU11により、変換テーブルの更新時点からの経過時間 $T_{run}$ を0にリセットし、処理はステップS7へ進む。ステップS7は、CPU11により、電源オフ命令が発行されたか否かを判定し、判定結果がYESであると、処理は終了する。

## 【0031】

他方、ステップS7の判定結果がNOであると、処理はステップS11へ進む。ステップS11は、CPU11により、変換テーブルの更新時点からの経過時間 $T_{run}$ が予め定められたトレーニング時間 $T_{train}$ 以上であるか否かを判定し、判定結果がYESであると、処理はステップS2へ進む。ステップS11の判定結果がNOであると、ステップS12は、エンコーダ1及び記録/再生部2により、記録系列の記録/再生を磁気記録媒体に対して行う。ステップS13は、再生された記録系列に対して、LPF3及びFIRフィルタ4等により、位相検出、振幅調整及び波形等化を行う。ステップS14は、ビタビ検出器15により、メモリ12に格納された変換テーブルを参照して、FIRフィルタ4で等化された等化波形を、等化波形の平均値を基にしたメトリック計算により最尤系列に変換する。又、ステップS15は、ポストプロセッサ16により、メモリ12に格納された変換テーブルを参照して、ビタビ検出器15から供給される最尤系列に対して、パリティビットを用いた誤り検出及び誤り訂正を含むポスト

ロセッサ処理を行う。誤り訂正は、最尤系列と等化波形の平均値との畳み込みにより得られる系列とFIRフィルタ4から得られる実際の等化波形を比較することで行われる。ステップS16は、CPU11により、変換テーブルの更新時点からの経過時間 $T_{run}$ をカウントし、処理はステップS7へ進む。

## 【0032】

このようにして、経時変化に対応するために、変換テーブルの更新時点からの経過時間 $T_{run}$ が予め定められたトレーニング時間 $T_{train}$ 以上であると、等化波形の平均値を測定し直してメモリ12内の変換テーブルを更新する。尚、変換テーブルの更新のタイミングは、上記の如く変換テーブルの更新時点からの経過時間 $T_{run}$ が予め定められたトレーニング時間 $T_{train}$ 以上になつたタイミングに限定されるものではなく、任意のタイミングに設定可能であることは、言うまでもない。

## 【0033】

上述の如く、本実施例では、等化波形の平均値をビタビ検出器15のビタビ検出におけるメトリック計算に用いている。このため、従来方式のように等化目標（理想値）ではなく、FIRフィルタ4からの実際の等化波形を用いるので、より精度の高い最尤系列の検出を行うことができる。又、等化波形の平均値をポストプロセッサ16の誤り訂正に用いているので、精度の高い誤り訂正を行うことができる。

## 【0034】

ところで、磁気記録媒体上の記録密度の増大に伴う非線形歪みの増大は、上記の如き再生系のみならず、記録系においても、記録補償を行う際に問題となる。

## 【0035】

図11は、従来の記録補償で用いる補償量を示す図であり、図12は、従来の記録補償を説明する図である。従来、非線形歪みに対する記録補償を行うのは、磁化反転発生時、即ち、NRZI符号で「1」の時である。前2ビットの磁化反転パターンに対する補償量は、図11に示すように定められており、図12に示すように、記録波形のパルス幅を記録パターンによって変化させることで、記録補償を行っている。ただし、前2ビットに磁化反転がない場合（例えば、「00

1」の時)は、記録補償を行わない。

【0036】

図13は、従来の磁気記録/再生装置の他の例の概略構成を示すブロック図である。同図中、図1と同一部分には同一符号を付し、その説明は省略する。図13に示す磁気記録/再生装置の記録系には、補償回路8が設けられている。

【0037】

先ず、例えば「00010111」のような記録系列に対して、補償回路8により補償量を変化させながら磁気記録媒体に対して記録及び再生を行い、FIRフィルタ4からの等化出力波形の誤差量を算出しておく。補償回路8は、誤差量が最小となる最適な記録補償量を求めて、図11の如きテーブルを作成しておく。以後、補償回路8は、テーブルを参照して決定された記録補償量を用いてエンコーダ1により符号化された記録系列を補償する。

【0038】

しかし、記録/再生部2が複数の磁気ヘッド及び複数の磁気記録媒体からなる場合、等化誤差が最小となるような記録補償量を求める際、各磁気ヘッド毎に記録補償量を変化させながら等化誤差を測定し、等化誤差が最小となる記録補償量を求めるので、最適な記録補償量を求めるのに時間がかかる。

【0039】

又、従来の磁気記録/再生装置では、記録補償を行う際に、磁化反転の極性は考慮していない。例えば、NRZ符号で「101」、「010」の場合(NRZI符号の場合はどちらも「111」)、図14に示すように、同じ補償量を用いるので、記録補償を更に向上することはできない。図14は、従来の記録補償の具体例を説明する図である。

【0040】

更に、従来の磁気記録/再生装置では、記録補償を行う際に、図12に示す如きテーブルは、精々2ビット前までを考慮しているにすぎず、図15に示すように、3ビット前の磁化反転は考慮されない。図15は、従来の記録補償の具体例を説明する図である。このため、今後更に増大されると予想される記録密度の向上に伴う非線形歪みの増大には、対応することはできない。

## 【0041】

そこで、上記の如き記録系において発生し得る問題を解決可能な、本発明になる磁気記録/再生装置の第2実施例を説明する。図16は、磁気記録/再生装置の第2実施例を示すブロック図である。同図中、図3と同一部分には同一符号を付し、その説明は省略する。本実施例では、制御部20が補償回路28に対して設けられている。

## 【0042】

制御部20は、CPU21及びメモリ22からなり、記録/再生部2から得られる再生波形及びFIRフィルタ4から得られる等化波形に基いて、補償回路28を制御する。具体的には、CPU21は、記録系列に対する記録/再生部2から出力される再生波形の平均値及びFIRフィルタ4から出力される等化波形の平均値を算出してメモリ12に格納する。又、CPU11は、メモリ12に格納された再生波形及び等化波形の平均値と、夫々の理想値との誤差量を算出し、誤差量に基いて補償量を決定することで、磁化反転の極性を考慮した図17に示す如きルックアップテーブルを作成してメモリ12に格納する。図17は、ルックアップテーブルを説明する図である。図17は、信号系列長 $2I+1$ の記録系列 $a_{k-I} \sim a_{k+I}$ がエンコーダ1で符号化されて記録部2により磁気記録媒体上に記録される場合に、補償回路28が参照する $2I+1$ ビットのルックアップテーブルを示す。ルックアップテーブルが作成された後には、補償回路28は、ルックアップテーブルを参照して得た補償量で非線形歪みに対する記録補償を行う。

## 【0043】

このように、本実施例では、従来方式のように補償量を変化させながら等化誤差量を求める必要がないので、補償量の最適値を求める時間を短縮することができる。又、ルックアップテーブルには、磁化反転の極性情報も含まれるので、図18に示すように、従来方式では不可能である磁化反転の極性を考慮した記録補償を行うこともできる。図18は、第2実施例における記録補償の具体例を説明する図であり、図14に対応している。更に、ルックアップテーブルの大きさを十分大きくすることで、図19に示すように、3ビット以上前の磁化反転による

影響を補償量に反映させて、記録密度の向上に伴う非線形歪みが及ぼす影響の増大に対応することもできる。図19は、第2実施例における記録補償の具体例を説明する図であり、図15に対応している。

## 【0044】

尚、等化方式として、EPR4ML方式等のパーシャルレスポンス方式を採用すると、再生系のビタビ検出器5における等化波形の最尤系列への変換等の精度を向上することができるが、等化後の信号レベルが5レベル以上となり、補償量を求めるのが困難となる。そこで、上記ルックアップテーブルを作成するときは、再生波形に近いPR(1, -1)等化(信号レベルが0, +1, -1の3レベル)を行って、ルックアップテーブルの作成後には、任意のパーシャルレスポンス等化を行うことが望ましい。

## 【0045】

次に、本実施例において、補正量を求める第1及び第2の方法について説明する。

## 【0046】

先ず、ビット間隔をTで表すと、記録/再生部2から出力される再生波形又はFIRフィルタ4から出力される等化波形の位相を、 $iT/d$  ( $0 \leq i \leq d-1$ )だけずらしてサンプリングを行い、サンプリングされた値の平均値を図20に示す如きd倍オーバーサンプリング波形として求める。図20は、オーバーサンプリング値を説明する図であり、 $w(t)$  ( $-1 \leq t \leq 1$ )は、オーバーサンプリングされた再生波形又は等化波形の平均値を示す。そして、サンプリング時点0から時間的に等距離、且つ、極性が反対である2点、例えば図21中の点 $e_{-1}$ ,  $e_{+1}$ を選び、絶対値が小さくなる方向に波形がシフト(ビットシフト)しているものと判断する。図21は、ビットシフト方向の求め方を説明する図であり、縦軸は信号振幅を任意単位で示し、横軸は時間を任意単位で示す。図21中、太い実線は理想波形 $r(t)$ 、細い実線はビットシフト波形 $w(t)$ 、○印は位相0でサンプリングされた値、×印はd倍オーバーサンプリングされた値を示す。図21からもわかるように、例えば $e_{-1} < e_{+1}$ であれば、ビットシフト方向は左方向である。尚、ビットシフト方向の判断は、オーバーサンプリングを行っ

た複数の組み合わせに基いて行っても良い。

【0047】

補正量を求める第1の方法は、図22に示すように、サンプリング時点からビットシフト方向にある波形のピーク位置を求め、サンプリング時点0からピーク位置までの時間的距離を求める。図22は、オーバーサンプリング値からピーク値までの時間の求め方を説明する図であり、縦軸は信号振幅を任意単位で示し、横軸は時間を任意単位で示す。求められた時間的距離を、補正量として用いることにより図17に示すルックアップテーブルを作成する。

【0048】

他方、補正量を求める第2の方法は、図23に示すように、サンプリング時点0における平均波形振幅 $L$ に相当する理想波形振幅値からビットシフト量を求める。図23は、理想波形からの補償量の求め方を説明する図であり、縦軸は信号振幅を任意単位で示し、横軸は時間を任意単位で示し、実線は理想波形 $r(t)$ を示す。求められたビットシフト量を、補正量として用いることにより図17に示すルックアップテーブルを作成する。

【0049】

尚、補正量を求める第2の方法において、理想波形 $r(t)$ の代わりに、ローレンツ波形やナイキスト波形等を用いても良く、更に、実際にサンプリングしたNLT<sub>S</sub>や波形干渉の影響を受けない孤立波形等を用いても良い。例えば、波形干渉の影響を受けない孤立波形は、図20において、 $a_{k-I} \dots a_k \dots a_{k+I} = 0 \dots 1 \dots 0$ の場合に相当する。

【0050】

次に、ルックアップテーブルの更新を含めた本実施例の動作を、図24と共に説明する。図24は、本実施例の動作を説明するフローチャートである。

【0051】

図24に示すステップS21において、電源オン命令が発行されて磁気記録/再生装置の電源がオンにされると、ステップS22は、エンコーダ1及び記録/再生部2により、トレーニング系列の記録/再生を磁気記録媒体に対して行う。ステップS24は、C<sub>P</sub>U21により、再生波形による記録補償を行うか否かを

判定する。判定結果がYESであると、ステップS25は、CPU21により、再生波形の平均値を算出し、処理はステップS26へ進む。他方、FIRフィルタ4の等化波形による記録補償を行う場合、ステップS24の判定結果はNOであり、ステップS27は、再生されたトレーニング系列に対して、LPF3やFIRフィルタ4等により、位相検出、振幅調整及び波形等化を行い、処理はステップS28へ進む。ステップS28は、CPU21により、等化波形の平均値を算出し、処理はステップS26へ進む。

#### 【0052】

ステップS26は、CPU21により、ステップS25又はS28で算出された平均値を用いて、メモリ22に格納された記録系列に対するルックアップテーブルを更新する。又、ステップS29は、CPU21により、ルックアップテーブルの更新時点からの経過時間 $T_{run}$ を0にリセットし、処理はステップS30へ進む。ステップS30は、CPU21により、電源オフ命令が発行されたか否かを判定し、判定結果がYESであると、処理は終了する。

#### 【0053】

他方、ステップS30の判定結果がNOであると、処理はステップS31へ進む。ステップS31は、CPU21により、ルックアップテーブルの更新時点からの経過時間 $T_{run}$ が予め定められたトレーニング時間 $T_{train}$ 以上であるか否かを判定し、判定結果がYESであると、処理はステップS22へ進む。ステップS31の判定結果がNOであると、ステップS32は、エンコーダ1、補償回路28及び記録/再生部2により、メモリ22に格納されたルックアップテーブルを参照して記録補償を行いながら、記録系列の記録を磁気記録媒体に対して行うと共に、磁気記録媒体から記録系列を再生する。ステップS33は、再生された記録系列に対して、LPF3及びFIRフィルタ4等により、位相検出、振幅調整及び波形等化を行う。ステップS34は、ビタビ検出器15により、FIRフィルタ4で等化された等化波形を、等化波形の平均値を基にしたメトリック計算により最尤系列に変換する。又、ステップS34は、ポストプロセッサ16により、ビタビ検出器15から供給される最尤系列に対して、パリティビットを用いた誤り検出及び誤り訂正を含むポストプロセッサ処理を行う。ステップ

S35は、CPU21により、ルックアップテーブルの更新時点からの経過時間  $T_{run}$  をカウントし、処理はステップS30へ進む。

【0054】

このようにして、経時変化に対応するために、ルックアップテーブルの更新時点からの経過時間  $T_{run}$  が予め定められたトレーニング時間  $T_{train}$  以上であると、再生波形又は等化波形の平均値を測定し直してメモリ22内のルックアップテーブルを更新し、記録補償はこのように更新されるルックアップテーブルに基いて行われる。尚、ルックアップテーブルの更新のタイミングは、上記の如くルックアップテーブルの更新時点からの経過時間  $T_{run}$  が予め定められたトレーニング時間  $T_{train}$  以上になったタイミングに限定されるものではなく、任意のタイミングに設定可能であることは、言うまでもない。

【0055】

上述の如く、本実施例では、補償量の最適値を求める時間を短縮することができ、ルックアップテーブルには、磁化反転の極性情報も含まれるので、磁化反転の極性を考慮した記録補償を行うこともできる。更に、ルックアップテーブルの大きさを十分大きくすることで、3ビット以上前の磁化反転による影響を補償量に反映させて、記録密度の向上に伴う非線形歪みが及ぼす影響の増大に対応することもできる。

【0056】

次に、本発明になる磁気記録/再生装置の第3実施例を、図25と共に説明する。図25は、磁気記録/再生装置の第3実施例を示すブロック図である。同図中、図3及び図16と同一部分には同一符号を付し、その説明は省略する。

【0057】

本実施例は、図3に示す再生系に加え、図16に示す記録系を備えたものであり、実質的に上記第1及び第2実施例の組み合わせである。従って、制御部30は、図3の制御部10及び図16の制御部20の両方の動作を行う。つまり、CPU31はCPU11, 21に対応し、メモリ32はメモリ12, 22に対応する。

【0058】

本実施例では、記録／再生部2が磁気記録媒体から信号系列を再生して再生波形を出力する再生手段を構成し、FIRフィルタ4が再生波形を等化して等化波形を出力する等化手段を構成し、ビタビ検出器15が等化波形を等化波形の平均値を基にしたメトリック計算により最尤系列に変換する変換手段を構成する。又、メモリ32が再生波形又は前記等化波形の平均値と理想値との誤差に基く補償量を格納するルックアップテーブルを構成し、補償回路28が信号系列の磁気記録媒体への記録時にルックアップテーブルに基いて非線形歪みに対する記録補償を行う補償回路を構成し、制御部30が変換テーブル及び/又はルックアップテーブルを任意のタイミングで更新する制御手段を構成する。

#### 【0059】

本実施例によれば、上記第1及び第2実施例と同様の効果を得ることができる。

#### 【0060】

本発明は、以下に付記する発明をも包含するものである。

#### 【0061】

(付記1) 磁気記録媒体から再生された信号系列を等化して等化波形を出力する等化手段と、

前記等化波形を、等化波形の平均値を基にしたメトリック計算により最尤系列に変換する変換手段とを備えたことを特徴とする、磁気記録/再生装置。

#### 【0062】

(付記2) 前記最尤系列に対して、パリティビットを用いた誤り検出及び誤り訂正を行う誤り検出及び訂正手段を更に備え、

該誤り検出及び訂正手段は、前記最尤系列と前記等化波形の平均値との畳み込みにより得られる系列と、前記等化波形を比較することで誤り訂正を行うことを特徴とする、(付記1)記載の磁気記録/再生装置。

#### 【0063】

(付記3) 前記等化波形の平均値を含む変換テーブルを格納するメモリ手段を更に備えたことを特徴とする、(付記1)又は(付記2)記載の磁気記録/再生装置。

【0064】

(付記4) 前記変換テーブルを任意のタイミングで更新する制御手段を更に備えたことを特徴とする、(付記3)記載の磁気記録/再生装置。

【0065】

(付記5) 磁気記録媒体から再生された信号系列の再生波形又は前記再生波形を等化した等化波形の平均値と理想値との誤差に基く補償量を格納するルックアップテーブルと、

信号系列の磁気記録媒体への記録時に、該ルックアップテーブルに基いて非線形歪みに対する記録補償を行う補償回路とを備えたことを特徴とする、磁気記録/再生装置。

【0066】

(付記6) 前記ルックアップテーブルは、磁化反転の極性情報を含むことを特徴とする、(付記5)記載の磁気記録/再生装置。

【0067】

(付記7) 前記補償量は、3ビット以上前の磁化反転による影響をも反映されていることを特徴とする、(付記5)又は(付記6)記載の磁気記録/再生装置。

【0068】

(付記8) 前記ルックアップテーブルを任意のタイミングで更新する制御手段を更に備えたことを特徴とする、(付記5)～(付記7)のいずれか1項記載の磁気記録/再生装置。

【0069】

(付記9) 磁気記録媒体から信号系列を再生して再生波形を出力する再生手段と、

前記再生波形を等化して等化波形を出力する等化手段と、

前記等化波形を、等化波形の平均値を基にしたメトリック計算により最尤系列に変換する変換手段と、

前記再生波形又は前記等化波形の平均値と理想値との誤差に基く補償量を格納するルックアップテーブルと、

信号系列の磁気記録媒体への記録時に、該ルックアップテーブルに基いて非線形歪みに対する記録補償を行う補償回路とを備えたことを特徴とする、磁気記録再生装置。

【0070】

(付記10) 前記等化波形の平均値を含む変換テーブルと、前記ルックアップテーブルとを格納するメモリ手段を更に備えたことを特徴とする、(付記9)記載の磁気記録再生装置。

【0071】

(付記11) 前記変換テーブル及び/又は前記ルックアップテーブルを任意のタイミングで更新する制御手段を更に備えたことを特徴とする、(付記10)記載の磁気記録再生装置。

【0072】

以上、本発明を実施例により説明したが、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の範囲内で種々の変形及び改良が可能であることは、言うまでもない。

【0073】

【発明の効果】

本発明によれば、精度の高い最尤系列の検出及び誤り訂正を行うことのできる磁気記録/再生装置や、磁気記録媒体上の記録密度の増大にも対応可能な非線形歪みに対する記録補償を行うことのできる磁気記録/再生装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

従来の磁気記録/再生装置の一例の概略構成を示すブロック図である。

【図2】

FIRフィルタから得られる実際の等化波形と等化目標とを示す図である。

【図3】

本発明になる磁気記録/再生装置の第1実施例を示すブロック図である。

【図4】

記録系列に対する等化出力を示す図である。

【図5】

ビタビ検出における記録系列に対する状態を示す図である。

【図6】

ビタビ検出における状態推移表を示す図である。

【図7】

図6に示す状態推移表に対応する状態推移図を示す図である。

【図8】

シミュレーションにおける等化誤差を変動させる方法を示す図である。

【図9】

等化誤差量の分散値  $\sigma^2$  を変化させた場合の 16/17 EPR4ML 方式のエラーレートを示す図である。

【図10】

第1実施例の動作を説明するフローチャートである。

【図11】

従来の記録補償で用いる補償量を示す図である。

【図12】

従来の記録補償を説明する図である。

【図13】

従来の磁気記録/再生装置の他の例の概略構成を示すブロック図である。

【図14】

従来の記録補償の具体例を説明する図である。

【図15】

従来の記録補償の具体例を説明する図である。

【図16】

本発明になる磁気記録/再生装置の第2実施例を示すブロック図である。

【図17】

ルックアップテーブルを説明する図である。

【図18】

第2実施例における記録補償の具体例を説明する図である。

【図19】

第2実施例における記録補償の具体例を説明する図である。

【図20】

オーバーサンプリング値を説明する図である。

【図21】

ビットシフト方向の求め方を説明する図である。

【図22】

オーバーサンプリング値からピーク値までの時間の求め方を説明する図である

【図23】

理想波形からの補償量の求め方を説明する図である。

【図24】

第2実施例の動作を説明するフローチャートである。

【図25】

本発明になる磁気記録/再生装置の第3実施例を示すブロック図である。

【符号の説明】

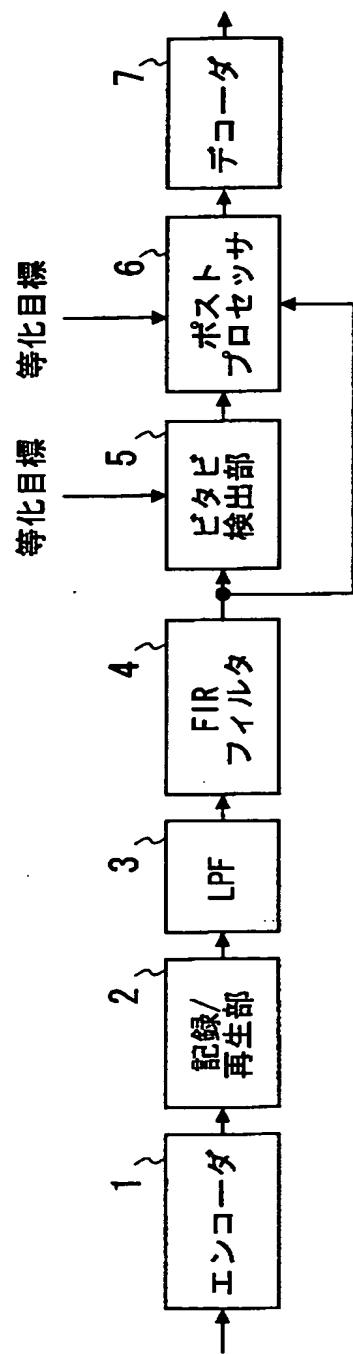
- 1 エンコーダ
- 2 記録/再生部
- 3 L P F
- 4 F I R フィルタ
- 7 デコーダ
- 10, 20, 30 制御部
- 11, 21, 31 C P U
- 12, 22, 32 メモリ
- 15 ビタビ検出器
- 16 ポストプロセッサ
- 28 補償回路

【書類名】

図面

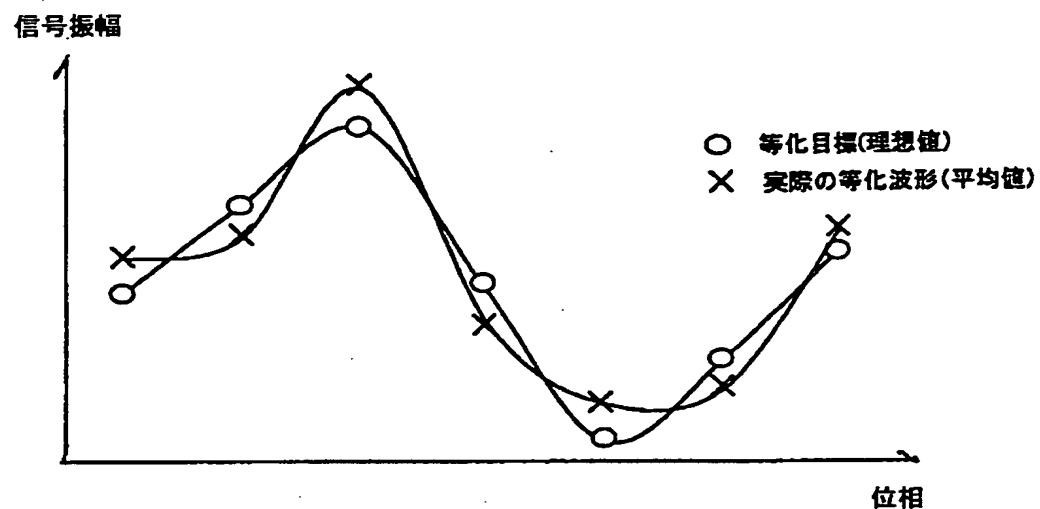
【図1】

従来の磁気記録/再生装置の一例の概略構成を示すブロック図



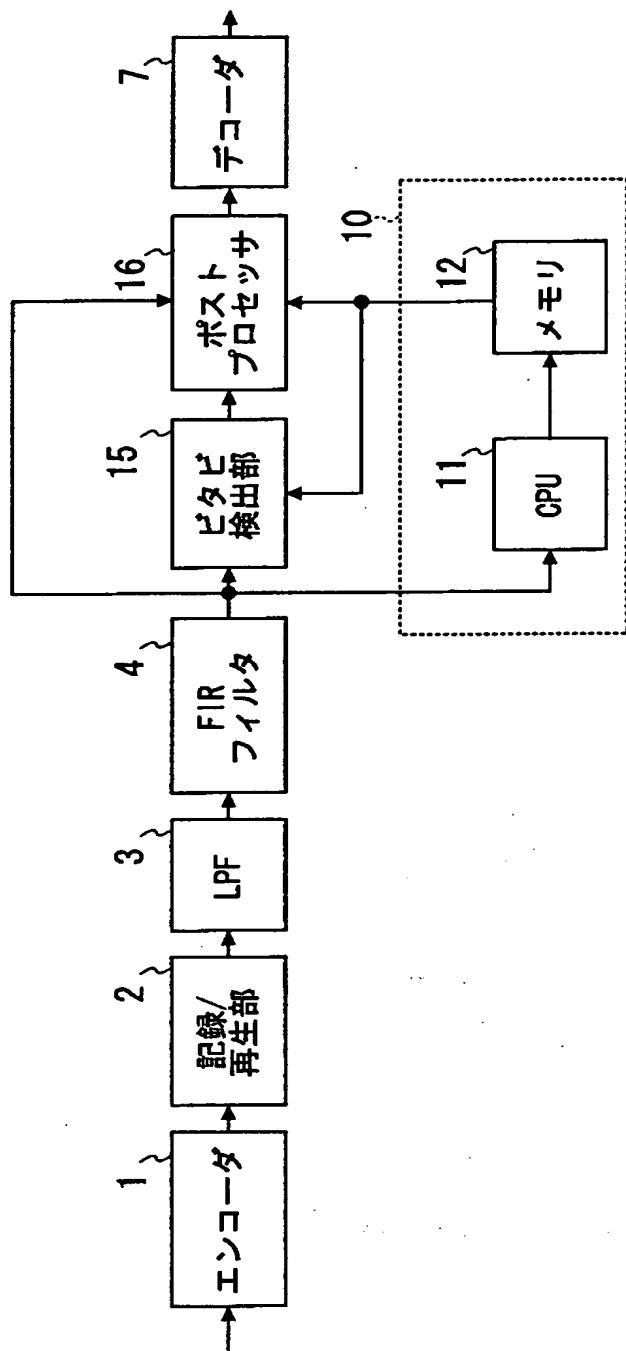
【図2】

FIRフィルタから得られる実際の等化波形と等化目標とを示す図



【図3】

本発明になる磁気記録/再生装置の第1実施例を示すブロック図



【図4】

記録系列に対する等化出力を示す図

$a_{k-3}a_{k-2}a_{k-1}a_k$	等化器出力 $b_k$	
	理想等化値	実際の等化波形の平均値
0000	0	$\mu_0$
0001	+1	$\mu_1$
0010	+1	$\mu_2$
0011	+2	$\mu_3$
0100	-1	$\mu_4$
0101	0	$\mu_5$
0110	0	$\mu_6$
0111	+1	$\mu_7$
1000	-1	$\mu_8$
1001	0	$\mu_9$
1010	0	$\mu_{10}$
1011	+1	$\mu_{11}$
1100	-2	$\mu_{12}$
1101	-1	$\mu_{13}$
1110	-1	$\mu_{14}$
1111	0	$\mu_{15}$

【図5】

## ビタビ検出における記録系列に対する状態を示す図

$a_{k-2}a_{k-1}a_k$	状態
000	$s_0$
001	$s_1$
010	$s_2$
011	$s_3$
100	$s_4$
101	$s_5$
110	$s_6$
111	$s_7$

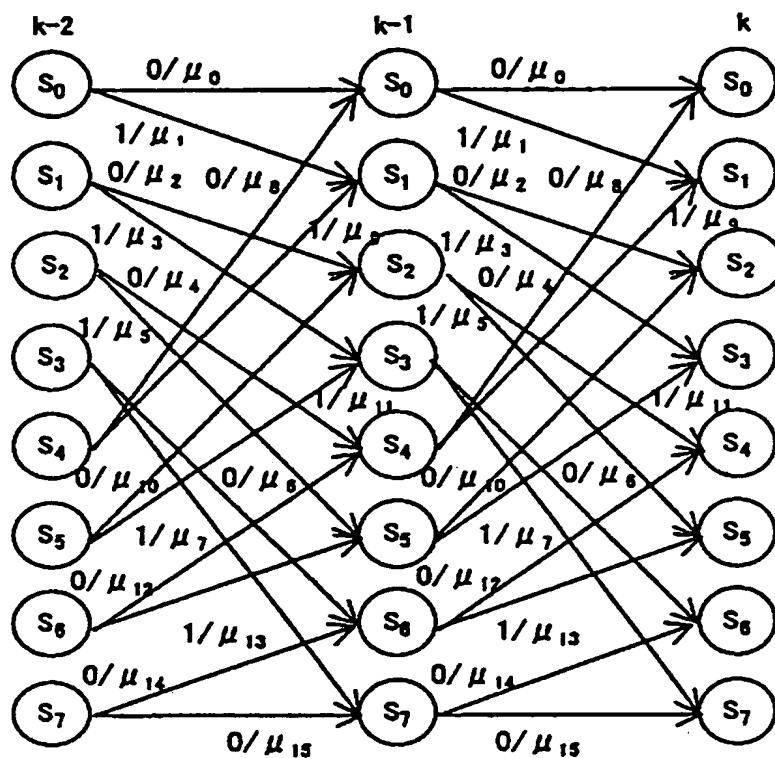
【図6】

## ビタビ検出における状態推移表を示す図

1bit前	現在の状態	現時点の等化器出力 $b_k$				
		理想値		実際の等化波形の平均値		
		$a_k$	0	1	$a_k$	0
$s_0$	$s_0$	$s_1$	0	+1	$\mu_0$	$\mu_1$
$s_1$	$s_2$	$s_3$	+1	+2	$\mu_2$	$\mu_3$
$s_2$	$s_4$	$s_5$	-1	0	$\mu_4$	$\mu_5$
$s_3$	$s_6$	$s_7$	0	+1	$\mu_6$	$\mu_7$
$s_4$	$s_0$	$s_1$	-1	0	$\mu_8$	$\mu_9$
$s_5$	$s_2$	$s_3$	0	+1	$\mu_{10}$	$\mu_{11}$
$s_6$	$s_4$	$s_5$	-2	-1	$\mu_{12}$	$\mu_{13}$
$s_7$	$s_6$	$s_7$	-1	0	$\mu_{14}$	$\mu_{15}$

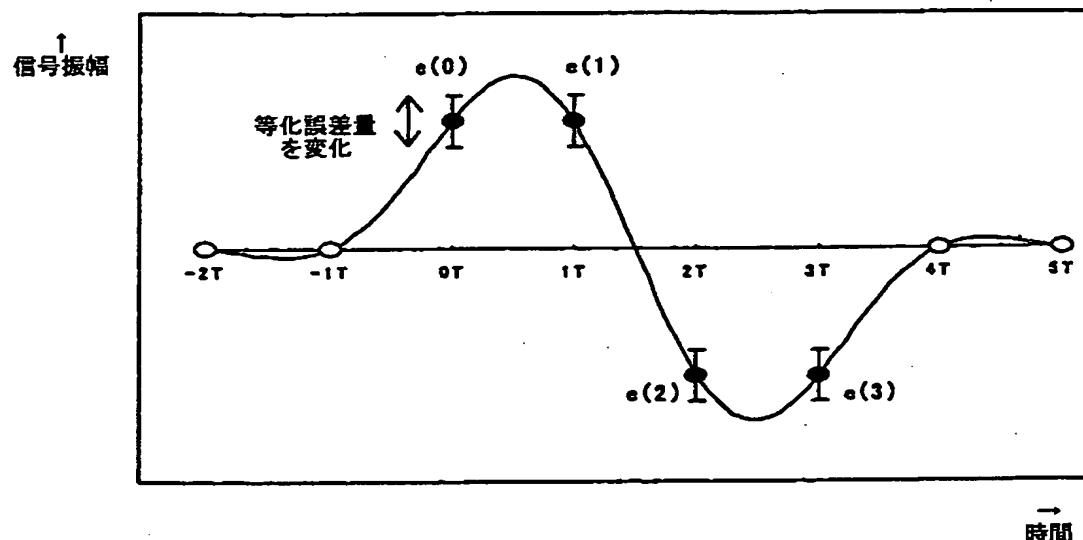
【図7】

図6に示す状態推移表に対応する状態推移図を示す図



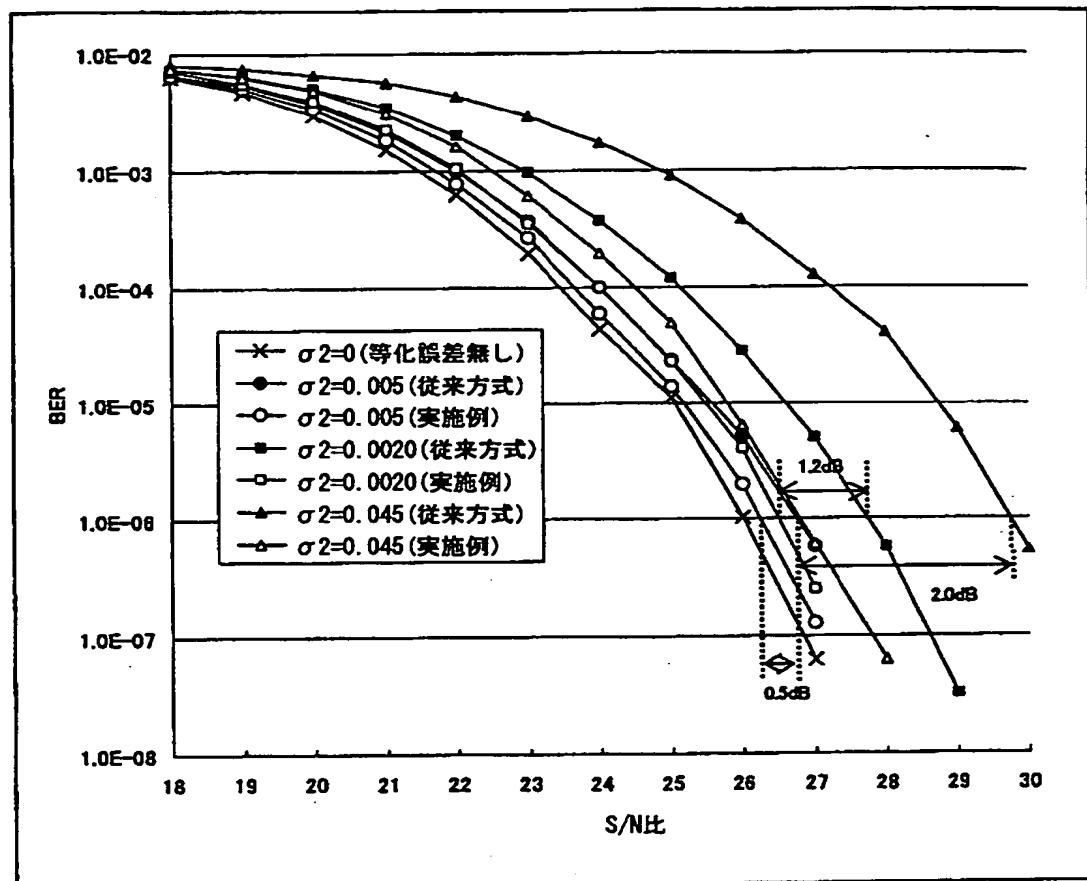
【図8】

シミュレーションにおける等化誤差を変動させる方法を示す図



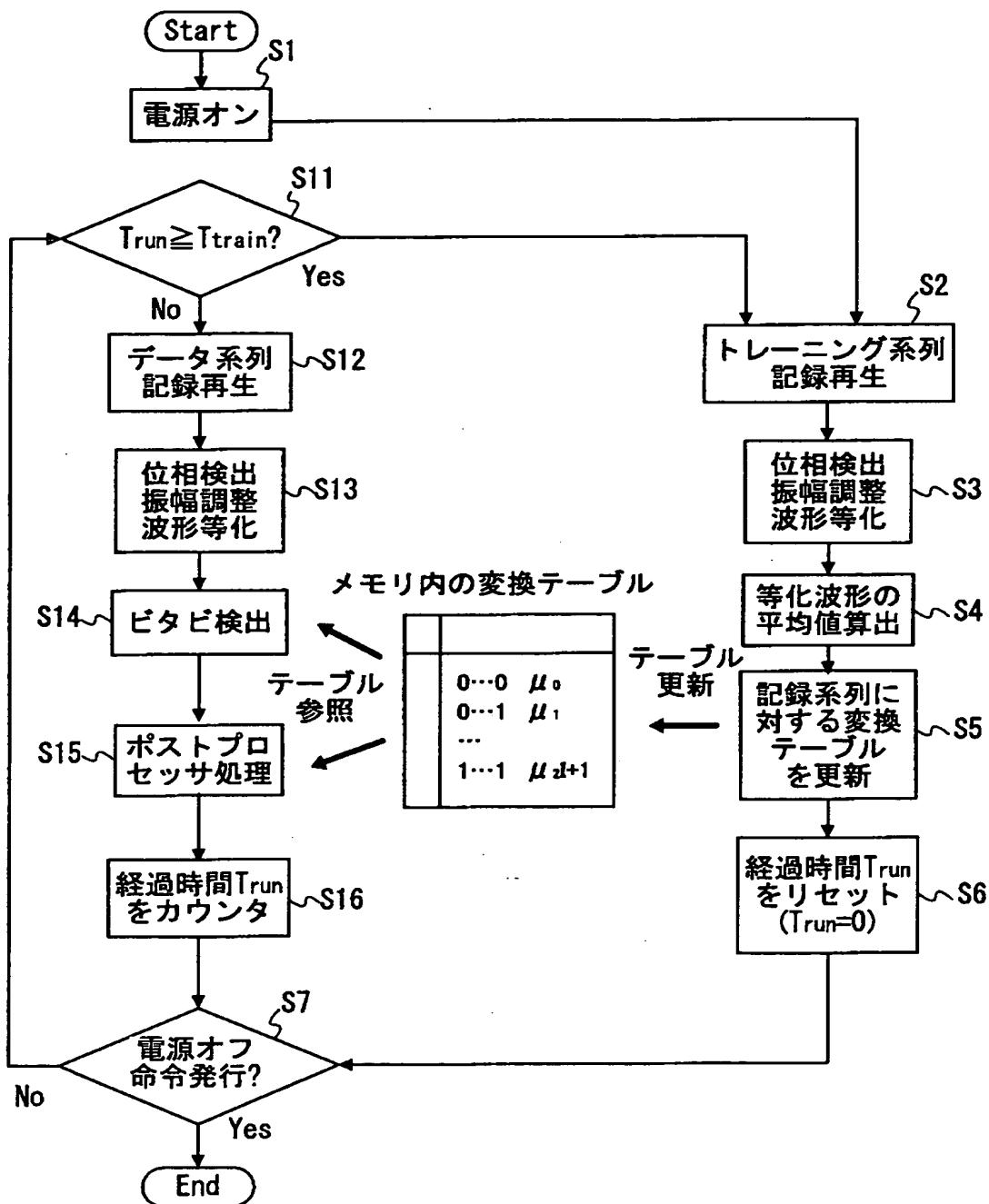
【図9】

## 等化誤差量の分散値 $\sigma^2$ を変化させた場合の 16/17EPR4ML方式のエラーレートを示す図



【図10】

## 第1実施例の動作を説明するフローチャート



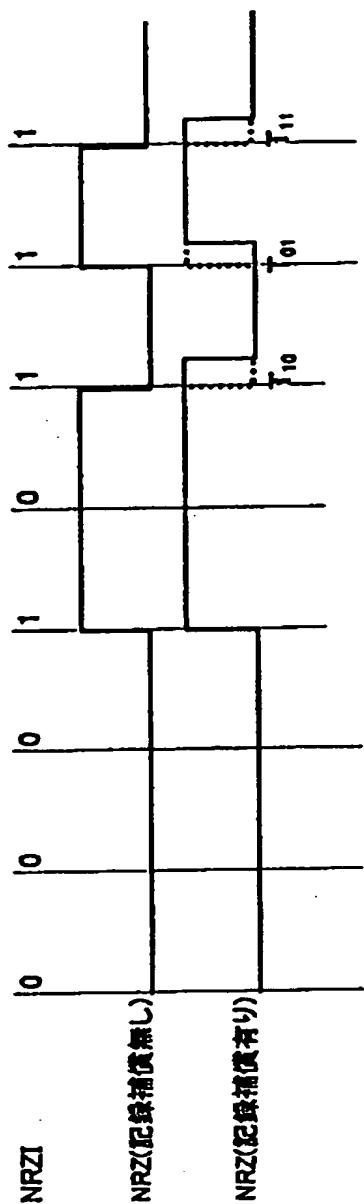
【図11】

従来の記録補償で用いる補償量を示す図

$a_{k-2}$	$a_{k-1}$	$a_k$	補償量
0	0	1	—
0	1	1	$T_{01}$
1	0	1	$T_{10}$
1	1	1	$T_{11}$

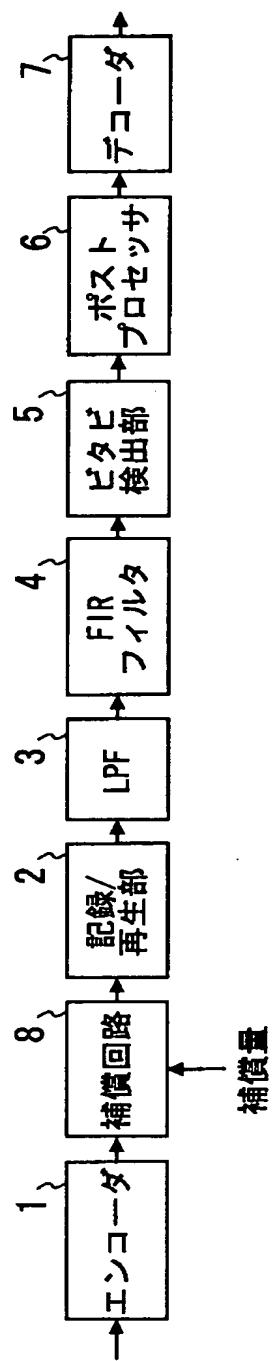
【図12】

従来の記録補償を説明する図



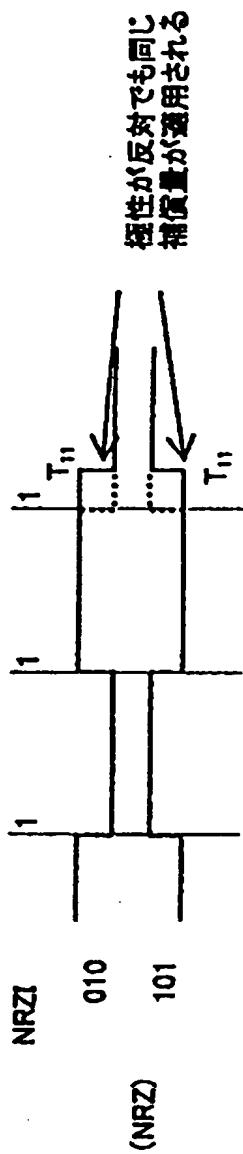
【図13】

従来の磁気記録/再生装置の他の例の概略構成を示すブロック図



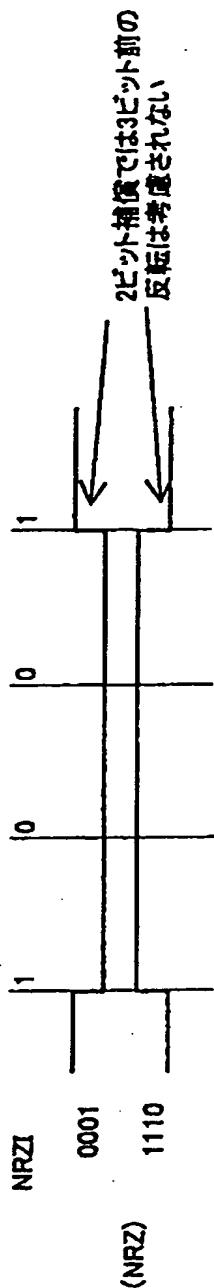
【図14】

従来の記録補償の具体例を説明する図



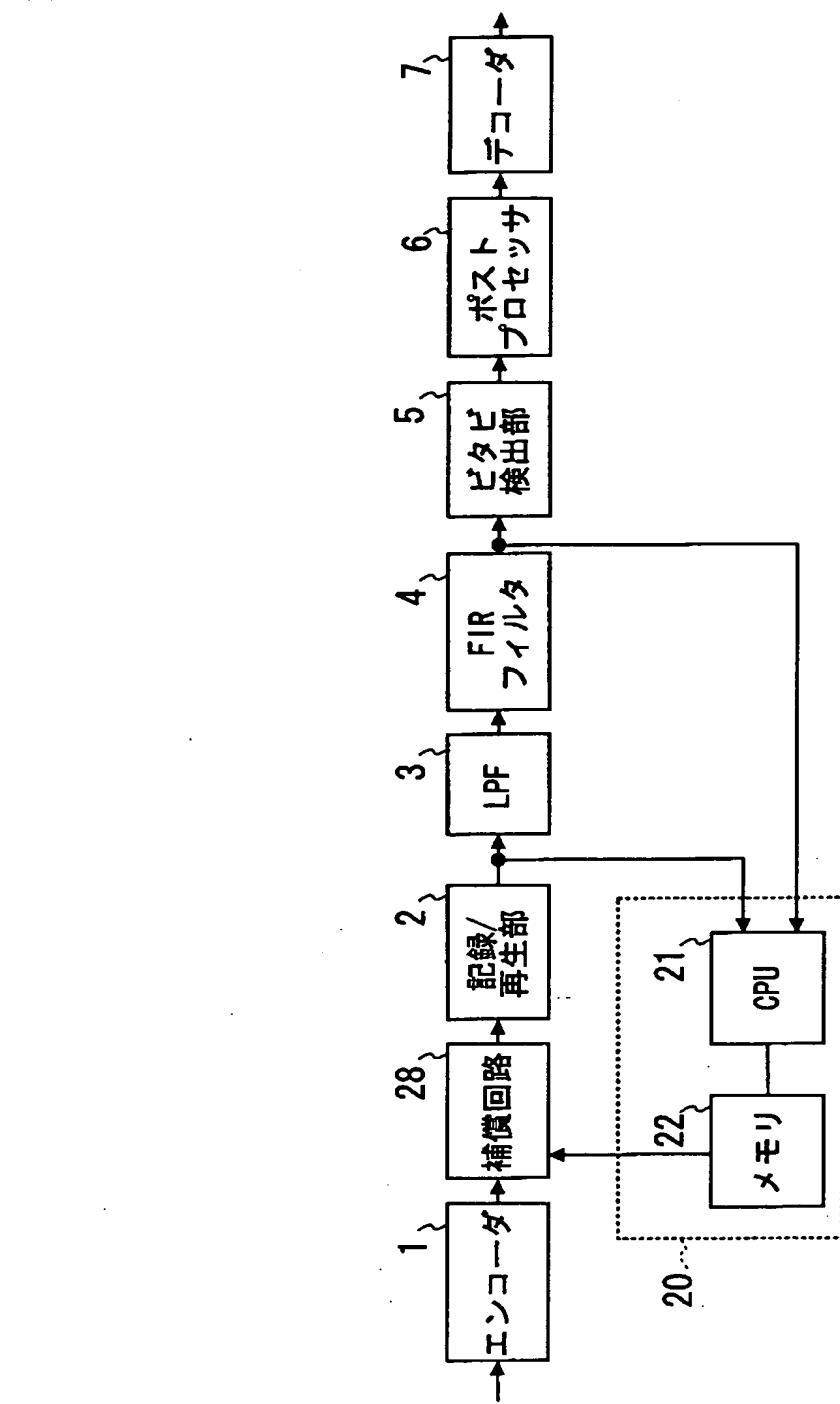
【図15】

従来の記録補償の具体例を説明する図



【図16】

## 本発明になる磁気記録/再生装置の第2実施例を示すブロック図



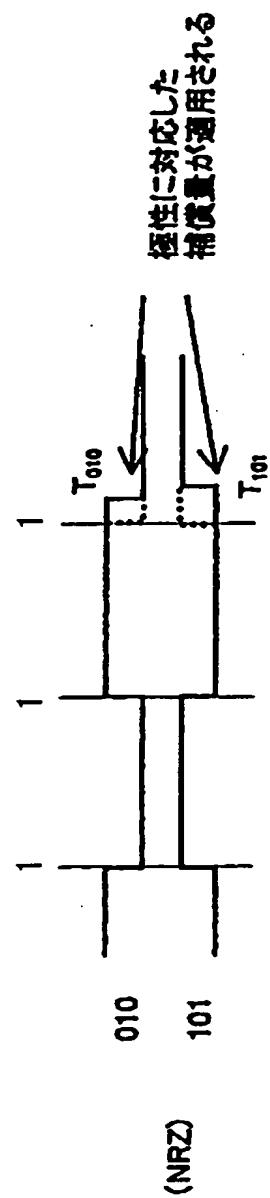
【図17】

ルックアップテーブルを説明する図

$a_{k-1}$	...	$a_k$	...	$a_{k+1}$	極性	補償量
0	...	1	...	0	+	$T_0 \dots 1 \dots 0 +$
					-	$T_0 \dots 1 \dots 0 -$
...	...	...	...	...	...	...
1	...	1	...	1	+	$T_1 \dots 1 \dots 1 +$
					-	$T_1 \dots 1 \dots 1 -$

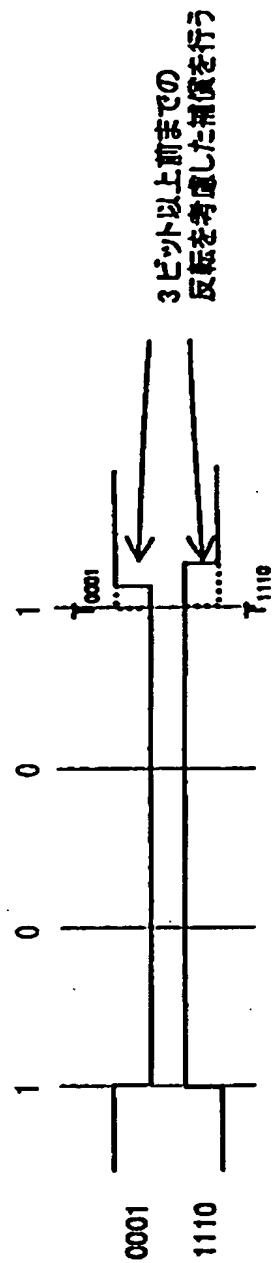
【図18】

第2実施例における記録補償の具体例を説明する図



【図19】

第2実施例における記録補償の具体例を説明する図

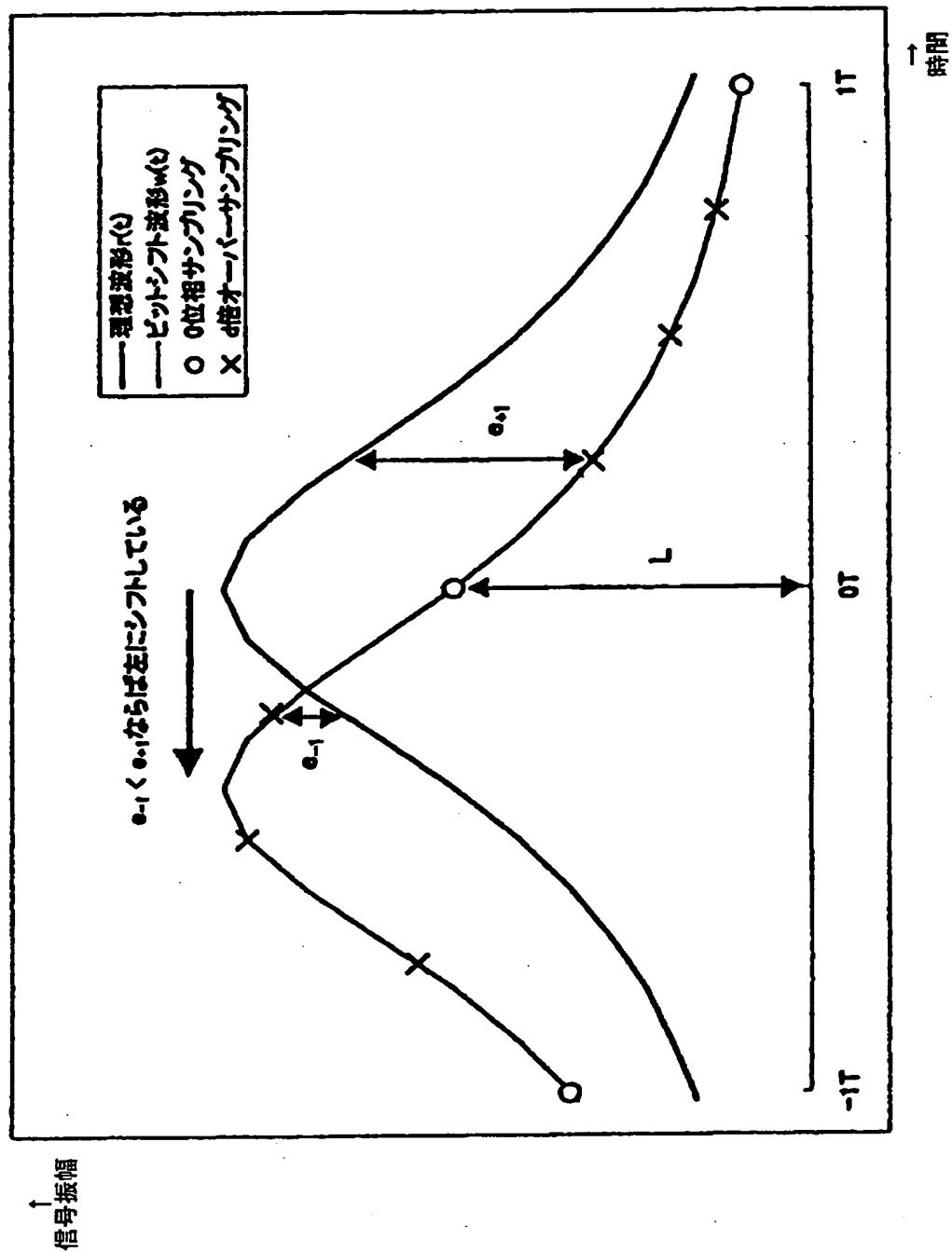


【図20】

## オーバーサンプリング値を説明する図

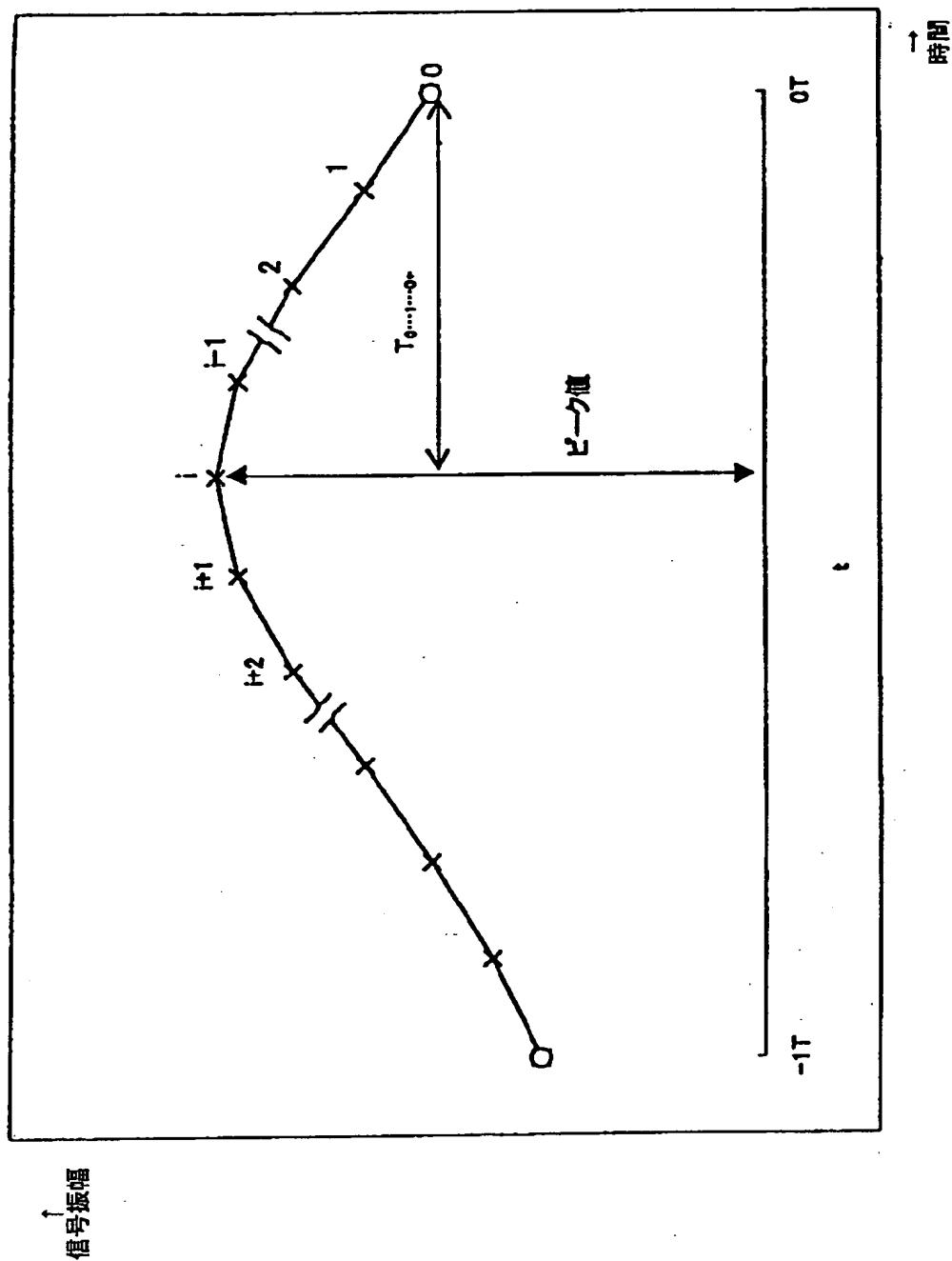
### 【図21】

## ビットシフト方向の求め方を説明する図



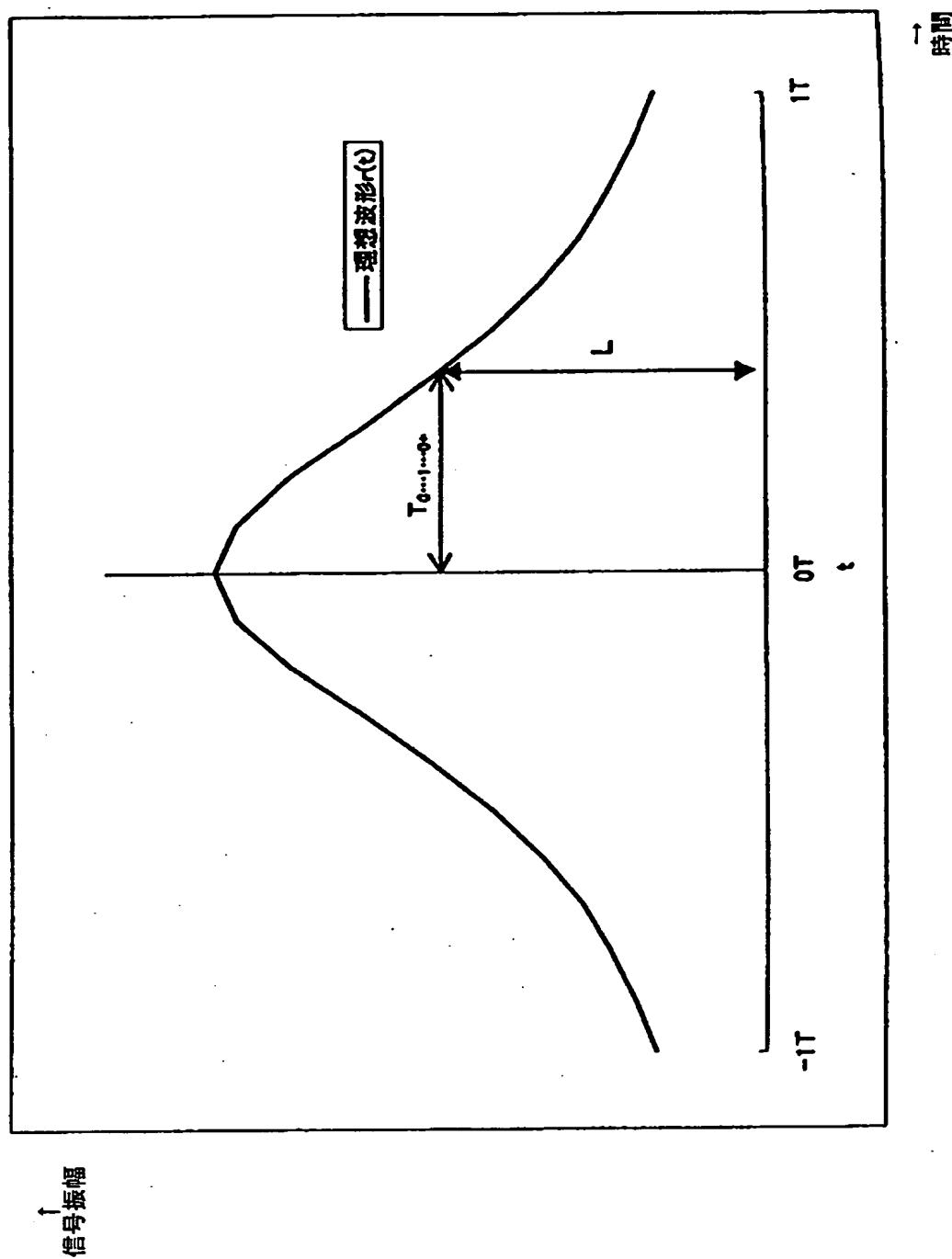
【図22】

オーバーサンプリング値からピーク値までの時間の求め方を説明する図



【図23】

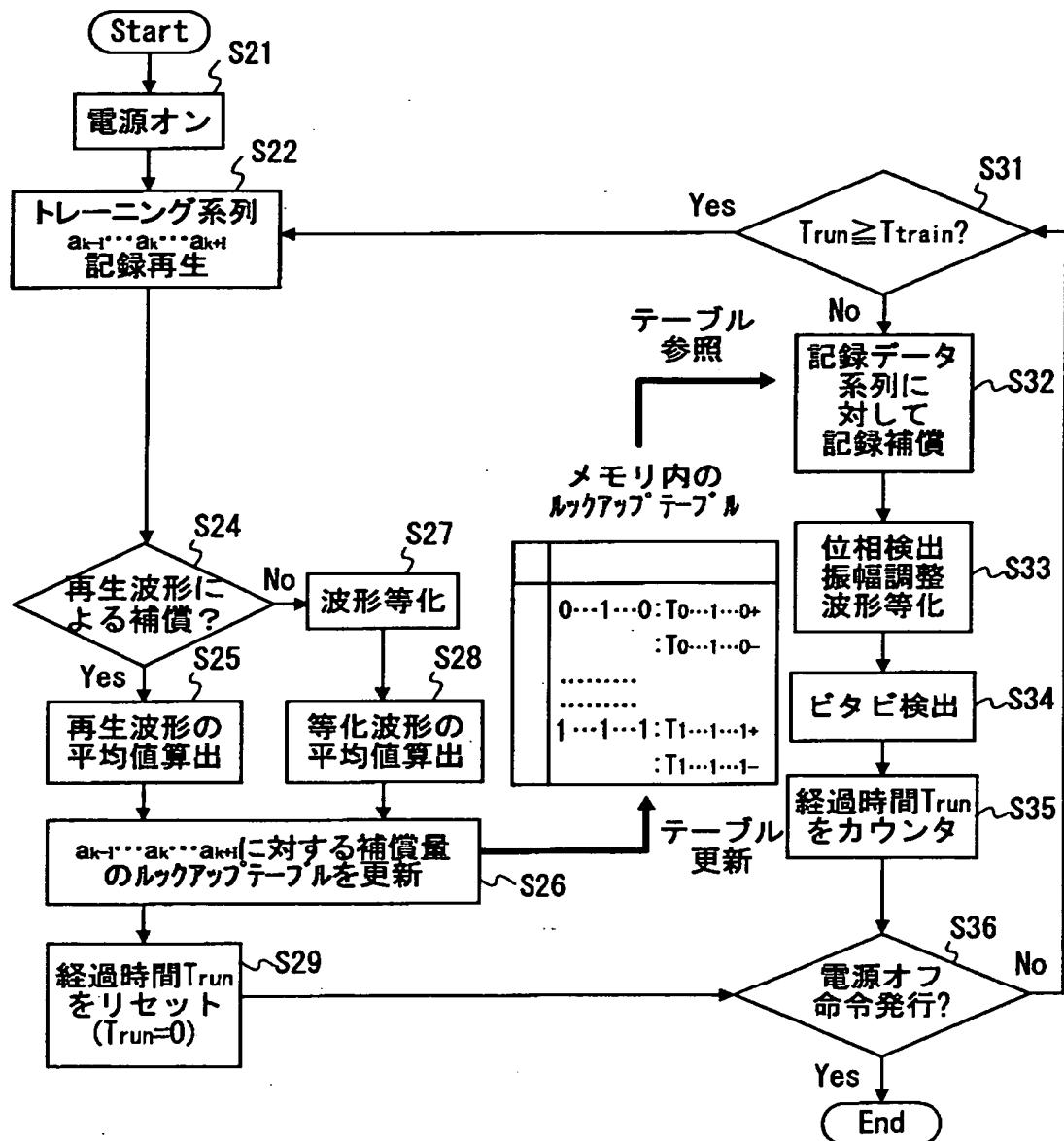
理想波形からの補償量の求め方を説明する図



↑ 信号振幅

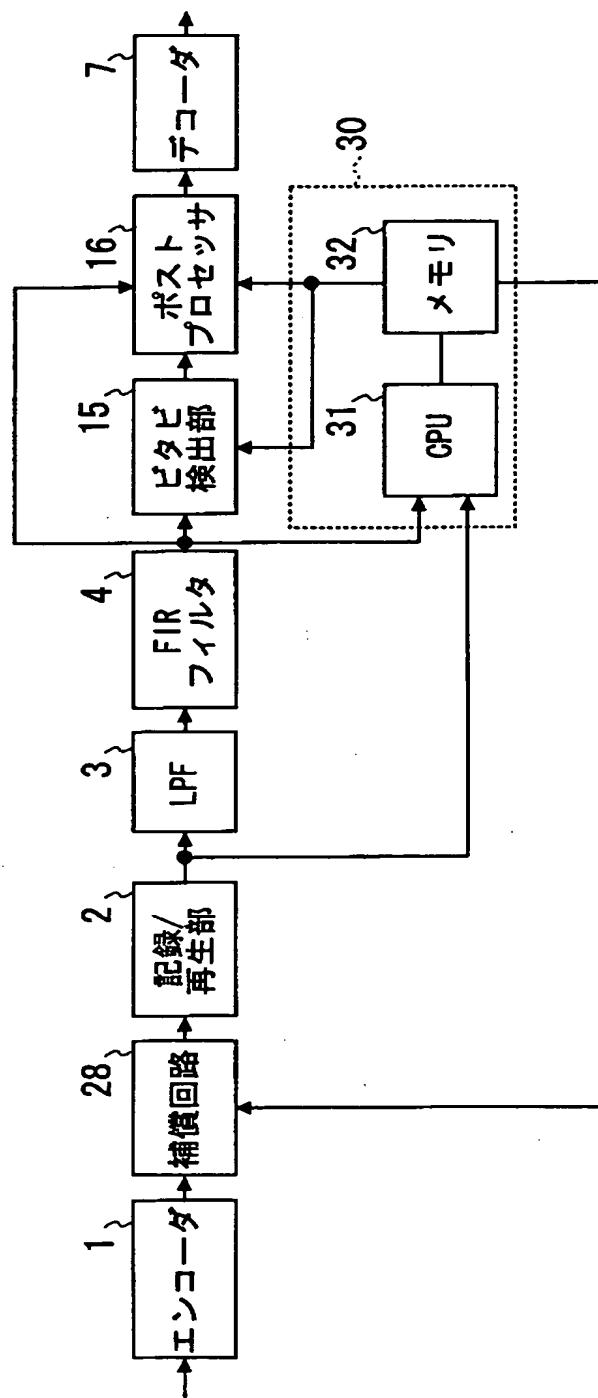
【図24】

## 第2実施例の動作を説明するフローチャート



【図25】

本発明になる磁気記録/再生装置の第3実施例を示すブロック図



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は磁気記録/再生装置に関し、精度の高い最尤系列の検出及び誤り訂正を行うことを目的とする。

【解決手段】 磁気記録/再生装置の再生系は、磁気記録媒体から再生された信号系列を等化して等化波形を出力する等化部と、等化波形を、等化波形の平均値を基にしたメトリック計算により最尤系列に変換する変換部とを備えるように構成する。

【選択図】 図3

出願人履歴情報

識別番号 [000005223]

1. 変更年月日 1996年 3月26日

[変更理由] 住所変更

住 所 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

氏 名 富士通株式会社